

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Pembebanan

Pembebanan yang digunakan pada perhitungan perancangan ini adalah beban mati, beban hidup, dan beban gempa.

3.1.1. Kuat perlu

Perhitungan kuat perlu dilakukan dengan kombinasi pembebanan yang disajikan dalam Tabel 3.1 berikut ini (SNI 1726, 2012).

Tabel 3.1 Kombinasi pembebanan yang digunakan sesuai dengan SNI Gempa 2012

| No. | Kombinasi |
|-----|--|
| 1 | $1,4 D$ |
| 2 | $1,2 D + 1,6 L$ |
| 3 | $(1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L + \rho E_x + 0,3 \rho E_y$ |
| 4 | $(1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L + \rho E_x - 0,3 \rho E_y$ |
| 5 | $(1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L - \rho E_x + 0,3 \rho E_y$ |
| 6 | $(1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L - \rho E_x - 0,3 \rho E_y$ |
| 7 | $(1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L + 0,3 \rho E_x + \rho E_y$ |
| 8 | $(1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L - 0,3 \rho E_x + \rho E_y$ |
| 9 | $(1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L + 0,3 \rho E_x - \rho E_y$ |
| 10 | $(1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L - 0,3 \rho E_x - \rho E_y$ |
| 11 | $(0,9 - 0,2 S_{DS}) D + \rho E_x + 0,3 \rho E_y$ |
| 12 | $(0,9 - 0,2 S_{DS}) D + \rho E_x - 0,3 \rho E_y$ |
| 13 | $(0,9 - 0,2 S_{DS}) D - \rho E_x + 0,3 \rho E_y$ |
| 14 | $(0,9 - 0,2 S_{DS}) D - \rho E_x - 0,3 \rho E_y$ |
| 15 | $(0,9 - 0,2 S_{DS}) D + 0,3 \rho E_x + \rho E_y$ |
| 16 | $(0,9 - 0,2 S_{DS}) D - 0,3 \rho E_x + \rho E_y$ |
| 17 | $(0,9 - 0,2 S_{DS}) D + 0,3 \rho E_x - \rho E_y$ |
| 18 | $(0,9 - 0,2 S_{DS}) D - 0,3 \rho E_x - \rho E_y$ |

Notasi: D = Dead Load
 L = Live Load
 E_x = Beban Gempa Arah Horizontal
 E_y = Beban Gempa Arah Vertikal
 S_{DS} = Parameter respons spektral percepatan
 ρ = Faktor reduksi struktur

3.1.2. Kuat Rencana

Kekuatan desain harus diambil sebesar kekuatan nominal dihitung sesuai dengan persyaratan dan asumsi dari standar SNI 2847 – 2013, yang dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan ϕ . Nilai ϕ yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.2 seperti disadur dari SNI 2847 -2013 pasal 9.3.

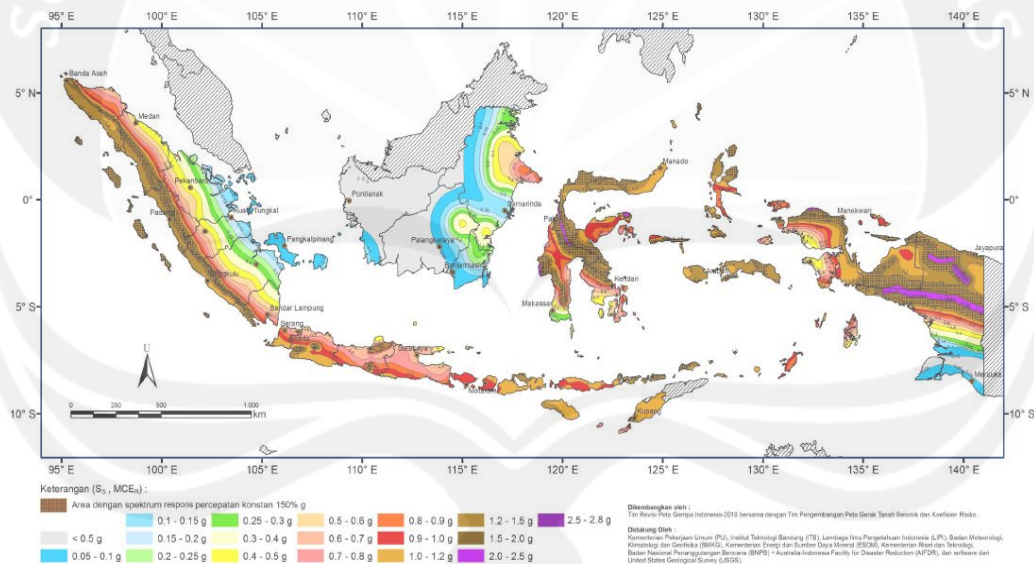
Tabel 3.2 Faktor Reduksi Kekuatan

| No. | Keterangan | ϕ |
|-----|--|------------|
| 1 | Penampang terkendali tarik | 0,90 |
| 2 | Penampang terkendali tekan | |
| | a.Komponen struktur dengan tulangan spiral | 0,75 |
| | b.Komponen struktur bertulang lainnya | 0,65 |
| 3 | Geser dan torsi | 0,75 |
| 4 | Tumpuan pada beton kecuali daerah angkur pasca tarik dan model strat dan pengikat | 0,65 |
| 5 | Daerah angkur pasca tarik | 0,85 |
| 6 | Model strat dan pengikat, dan strat, pengikat, daerah pertemuan, dan daerah tumpuan | 0,75 |
| 7 | Penampang lentur dalam komponen struktur pratarik dimana penanaman strand kurang dari panjang penyaluran | |
| | a.Dari ujung komponen struktur ke ujung panjang transfer | 0,75 |
| | b.Dari ujung panjang transfer ke ujung panjang penyaluran ϕ boleh ditingkatkan secara linier | 0,75 – 0,9 |

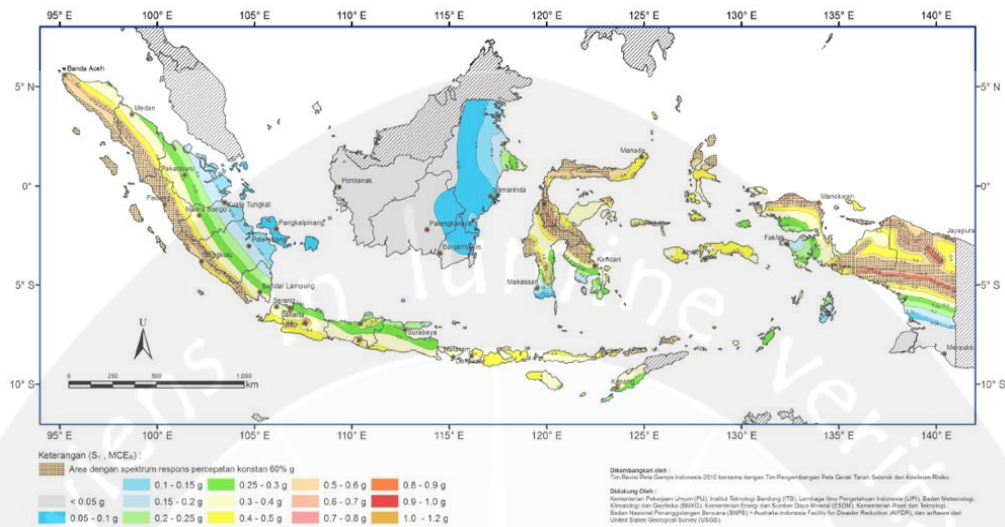
3.2. Beban Gempa

3.2.1. Parameter Percepatan Terpetakan

Parameter S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan S_I (percepatan batuan dasar periode 1 detik) harus ditetapkan masing – masing dari respon spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik dengan kemungkinan 2% terlampaui dalam 50 tahun (MCE_R , 2% dalam 50 tahun). Peta untuk mencari nilai S_s , dan S_I tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan 3.2 yang bersumber dari SNI 1726-2012, pasal 14.



Gambar 3.1 S_s , Gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko-tertarget (MCE_R), kelas situs SB



Gambar 3.2 S_I , Gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko-tertarget (MCE_R), kelas situs SB

3.2.2. Klasifikasi Situs

Menurut SNI 1726-2012, untuk merumuskan kriteria desain seismik suatu bangunan dipermukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka sebelumnya situs tersebut harus diklasifikasikan terlebih dahulu. Profil tanah di situs harus diklasifikasikan sesuai dengan Tabel 3.3, berdasarkan profil tanah lapisan 30 m paling atas.

Tabel 3.3 Klasifikasi Situs

| Kelas Situs | \bar{v}_s (m/detik) | \bar{N} atau \bar{N}_{ch} | \bar{S}_u (kPa) |
|--|--|-------------------------------|-------------------|
| SA (batuan keras) | >1500 | N/A | N/A |
| SB (batuan) | 750 sampai 1500 | N/A | N/A |
| SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak) | 350 sampai 750 | >50 | ≥ 100 |
| SD (tanah sedang) | 175 sampai 350 | 15 sampai 50 | 50 sampai 100 |
| SE (tanah lunak) | Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ 2. Kadar air, $w \geq 40 \%$, 3. Kuat geser niralinir $\bar{s}_u < 25$ kPa | | |
| SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs) | Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah terementasi lemah. - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m). - Lempung berplastisitas sangat tinggi (Ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa | | |

CATATAN : N/A = tidak dapat dipakai (SNI 1726 – 2012)

3.2.3. Pengaruh Klasifikasi Situs

Nilai dari S_s dan S_l adalah suatu nilai percepatan pada batuan dasar, maka guna menyesuaikan dengan kondisi tanah yang ada, diperlukan suatu faktor implifikasi tertentu agar nilai-nilai tersebut sesuai dengan kondisi tanah sesungguhnya, kemudian hasil dari penyesuaian itu disebut dengan parameter respons spektral percepatan gempa tertimbang maksimum dengan risiko tertarget (S_{MS}) pada periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs serta parameter

respons spektral percepatan gempa tertimbang maksimum dengan risiko tertarget (S_{MI}) pada perioda 1 detik yang sudah disesuaikan dengan pengaruh kelas situs, S_{MS} dan S_{MI} dapat dihitung dengan persamaan 3-1 dan 3-2.

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad (3-1)$$

$$S_{MI} = F_v \times S_I \quad (3-2)$$

Sementara untuk koefisien situs untuk perioda pendek pada perioda 0,2 detik (F_a), dan koefisien situs untuk perioda panjang pada perioda 1 detik (F_v) dapat dicari pada Tabel 3.4 dan 3.5 (Arfiadi, 2013).

Tabel 3.4 Koefisien situs perioda pendek F_a

| Klasifikasi situs | S_s | | | | |
|--|-----------------|-------------|--------------|-------------|-----------------|
| | $S_s \leq 0,25$ | $S_s = 0,5$ | $S_s = 0,75$ | $S_s = 1,0$ | $S_s \geq 1,25$ |
| Batuan keras (SA) | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| Batuan (SB) | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Tanah sangat padat dan batuan lunak (SC) | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 1,0 |
| Tanah sedang (SD) | 1,6 | 1,4 | 1,2 | 1,1 | 1,0 |
| Tanah lunak (SE) | 2,5 | 1,7 | 1,2 | 0,9 | 0,9 |
| Tanah khusus (SF) | SS | SS | SS | SS | SS |

Tabel 3.5 Koefisien situs perioda panjang F_v

| Klasifikasi situs | S_I | | | | |
|--|----------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
| | $S_I \leq 0,1$ | $S_I = 0,2$ | $S_I = 0,3$ | $S_I = 0,4$ | $S_I \geq 0,5$ |
| Batuan keras (SA) | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| Batuan (SB) | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Tanah sangat padat dan batuan lunak (SC) | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,3 |
| Tanah sedang (SD) | 2,4 | 2,0 | 1,8 | 1,6 | 1,5 |
| Tanah lunak (SE) | 3,5 | 3,2 | 2,8 | 2,4 | 2,4 |
| Tanah khusus (SF) | SS | SS | SS | SS | SS |

Notasi S_s pada Tabel 3.4 dan 3.5 menunjukan situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik. Untuk nilai-nilai antara S_s dan S_I dapat dilakukan interpolasi linier.

3.2.4. Parameter percepatan spektral desain

Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek, S_{DS} dan pada perioda 1 detik S_{DI} , ditentukan melalui persamaan 3-3 dan 3-4.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3-3)$$

$$S_{DI} = \frac{2}{3} S_{MI} \quad (3-4)$$

keterangan : S_{DS} = Parameter respons spektral percepatan pada perioda pendek dengan 5% redaman kritis.

S_{DI} = Parameter respons spektral percepatan pada perioda 1 detik dengan 5% redaman kritis.

S_{MS} = Parameter respons spektral percepatan MCE_R pada perioda pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs.

S_{MI} = Parameter respons spektral percepatan MCE_R pada perioda 1 detik yang sudah disesuaikan dengan pengaruh kelas situs.

Tabel 3.6 Kategori resiko

| Jenis Pemanfaatan | Kategori Resiko |
|---|-----------------|
| <p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gedung penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya | I |
| <p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen / rumah susun - Pusat perbelanjaan / mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik | II |
| <p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan struktur, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori resiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan / atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi | III |

Tabel 3.6 Kategori resiko (lanjutan)

| Jenis Pemanfaatan | Kategori Resiko |
|--|-----------------|
| <p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan tanggap darurat - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau mineral atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori resiko IV</p> | IV |

Tabel 3.7 Faktor keutamaan

| Kategori risiko | Faktor keutamaan gempa, I_e |
|-----------------|-------------------------------|
| I atau II | 1,0 |
| III | 1,25 |
| IV | 1,50 |

3.2.5. Kategori desain seismik (KDS)

Kategori desain seismik (KDS) ditentukan dengan menggunakan kategori resiko dan parameter respons spektral percepatan desainnya yaitu S_{DS} dan S_{D1} . Kemudian hasil KDS yang didapat dari keduanya dipilih satu yang terbesar. Dengan

menggunakan Tabel 3.8 yang disadur dari SNI 1726-2012 berikut dapat dicari KDS

suatu struktur :

Tabel 3.8 Kategori desain seismik (KDS) berdasarkan S_s

| Nilai S_{DS} | Kategori resiko | |
|----------------------------|--------------------|----|
| | I atau II atau III | IV |
| $S_{DS} < 0,167$ | A | A |
| $0,167 \leq S_{DS} < 0,33$ | B | C |
| $0,33 \leq S_{DS} < 0,50$ | C | D |
| $0,50 \leq S_{DS}$ | D | D |

Tabel 3.9 Kategori desain seismik (KDS) berdasarkan S_I

| Nilai S_{DI} | Kategori resiko | |
|-----------------------------|--------------------|----|
| | I atau II atau III | IV |
| $S_{DI} < 0,167$ | A | A |
| $0,067 \leq S_{DI} < 0,133$ | B | C |
| $0,133 \leq S_{DI} < 0,20$ | C | D |
| $0,20 \leq S_{DI}$ | D | D |



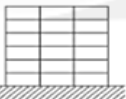

Sementara itu jika struktur dengan kategori resiko I, II, atau III yang berlokasi dimana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada perioda 1 detik (S_I), lebih besar dari atau sama dengan 0,75 ($S_I \geq 0,75$) harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik *E*. Struktur dengan kategori resiko IV yang berlokasi dimana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada perioda 1 detik (S_I), lebih besar dari atau sama dengan 0,75 ($S_I \geq 0,75$) harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik *F*.

3.2.6. Pemilihan sistem struktur

Pembagian setiap tipe berdasarkan pada elemen vertikal yang digunakan untuk menahan gaya gempa lateral. Sistem struktur yang digunakan harus sesuai

dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian struktur. Koefisien modifikasi respons yang sesuai (R), faktor kuat lebih sistem (Ω_0), dan factor amplifikasi defleksi (C_d), harus digunakan dalam penentuan geser dasar, gaya desain elemen, dan simpangan antarlantai tingkat desain. Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa dapat dicari pada Tabel 3.10 (Arfiadi, 2013).

Tabel 3.10 faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa

| Sistem penahan beban lateral | | KDS | | | | | | R | Ω_o | C_d | |
|---|--------------------------------------|----------------------|----|----|------|------|------|------|------------|-------|-----|
| | | A | B | C | D | E | F | | | | |
|  Dinding Penumpu | Dinding Geser Beton Biasa | TB | TB | TB | X | X | X | 4 | 2,5 | 4 | |
| | Dinding Geser Beton Khusus | TB | TB | TB | 48 m | 48 m | 30 m | 5 | 2,5 | 5 | |
|  Sistem Rangka Gedung (beban gempa dipikul dinding geser) | Dinding Geser Beton Biasa | TB | TB | TB | X | X | X | 5 | 2,5 | 4,5 | |
| | Dinding Geser Beton Khusus | TB | TB | TB | 48 m | 48 m | 30 m | 6 | 2,5 | 5 | |
|  Sistem Rangka Pemikul Momen | Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa | TB | TB | X | X | X | X | 3 | 3 | 2,5 | |
| | Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah | TB | TB | TB | X | X | X | 5 | 3 | 4,5 | |
| | Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus | TB | TB | TB | TB | TB | TB | 8 | 3 | 5,5 | |
|  Sistem Ganda (25% beban gempa dipikul rangka pemikul momen) | Rangka Pemikul Momen Menengah | Dinding geser biasa | TB | TB | TB | X | X | X | 5,5 | 2,5 | 4,5 |
| | | Dinding geser khusus | TB | TB | TB | 48 m | 30 m | 30 m | 6,5 | 2,5 | 5 |
| | Rangka Pemikul Momen Khusus | Dinding geser biasa | TB | TB | TB | X | X | X | 6 | 2,5 | 5 |
| | | Dinding geser khusus | TB | TB | TB | TB | TB | TB | 7 | 2,5 | 5,5 |

TB : Tak dibatasi (Arfiadi, 2013)

3.2.7. Periode Fundamental

Periode fundamental struktur (T) dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Periode fundamental struktur (T) didapat antara Periode fundamental pendekatan (T_a) dan Periode fundamental hitungan komputer (T_{com}) dipilih yang terbesar, dimana T tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) dan periode fundamental pendekatan (T_a). Koefisien C_u didapatkan dari Tabel 3.12 seperti disadur dari SNI 1726 – 2012.

$$T_a > T_{com} \rightarrow \text{dipilih } T_a \quad (3-4)$$

$$T_a < T_{com} \rightarrow \text{dipilih } T_{com}, \text{ dengan syarat } T_{com} < C_u \cdot T_a \quad (3-5)$$

Periode fundamental pendekatan (T_a), dalam detik, harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$T_a = C_t h_n^x \quad (3-6)$$

keterangan : h_n = ketinggian struktur (m)

C_t = koefisien (ditentukan dari Tabel 3.11 (SNI 1726))

x = koefisien (ditentukan dari Tabel 3.11 (SNI 1726))

Tabel 3.11 Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x

| Tipe Struktur | C_t | x |
|--|--------|------|
| Sistem rangka pemikul momen dimana rangka memikul 100% gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa: | | |
| - Rangka baja pemikul momen | 0,0724 | 0,8 |
| - Rangka beton pemikul momen | 0,0466 | 0,9 |
| Rangka baja dengan bresing eksentrik | 0,0731 | 0,75 |
| Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk | 0,0731 | 0,75 |
| Semua sistem struktur lainnya | 0,0488 | 0,75 |

Tabel 3.12 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung

| Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{DI} | Koefisien C_u |
|---|-----------------|
| $\geq 0,4$ | 1,4 |
| 0,3 | 1,4 |
| 0,2 | 1,5 |
| 0,15 | 1,6 |
| $\leq 0,1$ | 1,7 |

3.2.8. Koefisien respons gempa

Koefisien respons seismik (C_s), harus ditentukan sesuai dengan persamaan 3-7.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (3-7)$$

Keterangan:

S_{DS} = Parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang perioda pendek

R = Faktor modifikasi respons

I_e = Faktor keutamaan gempa

Nilai C_s yang dihitung tidak boleh melebihi persamaan 3-8 berikut ini.

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (3-8)$$

C_s harus tidak kurang dari persamaan 3-9,

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \quad (3-9)$$

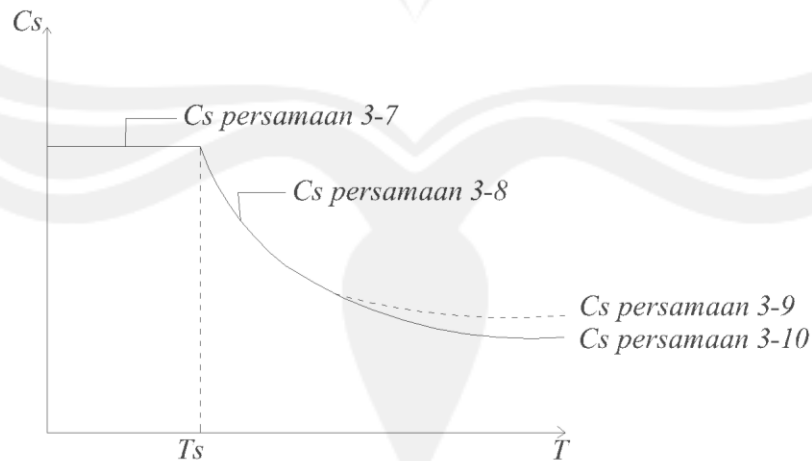
Untuk struktur yang berlokasi didaerah dimana S_I , sama dengan atau lebih dari 0,6 g, maka C_s harus tidak kurang dari hasil dari persamaan 3-10.

$$C_s = \frac{0,5 S_I}{\left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (3-10)$$

Keterangan: S_{D1} = parameter percepatan spektrum respons desain pada perioda sebesar 1,0 detik

T = Perioda fundamental struktur (detik)

S_I = Parameter percepatan spektrum respons maksimum



Gambar 3.3 Spektrum respons

3.2.9. Perencanaan gaya geser dasar

Gaya geser dasar seismik dapat dicari dengan menggunakan persamaan 3-11.

$$V = C_S \cdot W \quad (3-11)$$

Dimana C_S adalah koefisien respons seismik, serta W adalah berat seismik efektif.

3.2.10. Distribusi vertikal gaya gempa

Gaya gempa lateral, F_x (kN) yang timbul disemua tingkat dapat ditentukan melalui persamaan 3-12.

$$F_x = C_{vx} V \quad (3-12)$$

Dimana,

$$C_{vx} = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3-13)$$

Keterangan:

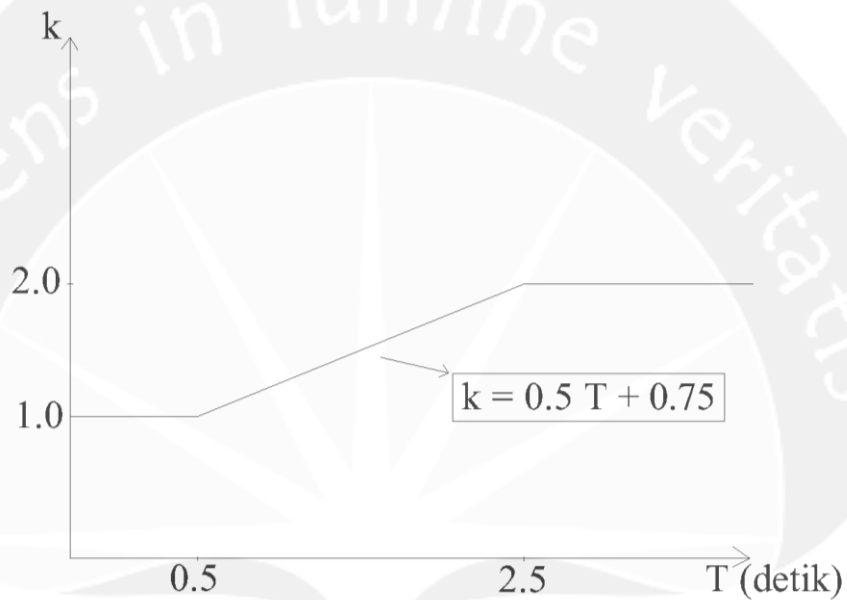
C_{vx} = faktor distribusi vertikal

V = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur, dinyatakan dalam kN

w_i dan w_x = bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x

h_i dan h_x = tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x , dinyatakan dalam meter (m)

k = eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut: untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 2,5 detik atau lebih, $k = 2$ untuk struktur yang mempunyai perioda antara 0,5 dan 2,5 detik, k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2. Nilai k dapat diperoleh seperti cara yang tertera pada gambar 3.4.



Gambar 3.4. Grafik untuk menghitung k

3.2.11. Distribusi horisontal gaya gempa

Geser tingkat desain gempa disemua tingkat (V_x) (kN) harus ditentukan dari persamaan 3-14.

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \quad (3-14)$$

F_i adalah bagian dari geser dasar seismik (V) yang timbul di tingkat i , dinyatakan dalam kilo newton (kN).

3.2.12. Penentuan simpangan antar lantai

Defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan 3-15.

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_x}{I_e} \quad (3-15)$$

Keterangan:

C_d = Faktor amplifikasi defleksi

δ_x = Defleksi pada lokasi yang ditentukan dengan analisis elastis

I_e = Faktor keutamaan gempa

3.2.13. Kontrol defleksi

Pelat dengan balok yang membentang diantara tumpuan pada semua sisinya, tebal minimumnya (h), harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

1. Untuk α_{fm} yang sama atau lebih kecil dari 0,2 ketebalan pelat minimum harus memenuhi antara lain: pelat tanpa penebalan sebesar 125 mm, dan pelat dengan penebalan sebesar 100mm.
2. Untuk α_{fm} lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0 plat minimum harus memenuhi persamaan 3-16.

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)} \quad (3-16)$$

dimana h tidak boleh kurang dari 125 mm.

3. Untuk α_{fm} lebih besar dari 2,0 ketebalan pelat minimum harus memenuhi persamaan 3-17.

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)} \quad (3-17)$$

dimana h tidak boleh kurang dari 90 mm.

Keterangan:

α = rasio kekuatan lentur penampang balok terhadap kekuatan lentur pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis-garis sumbu tengah dengan panel-panel yang bersebelahan, bila ada pada tiap sisi baloknya.

α_{fm} = nilai rata-rata α untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu panel

β = rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah.

Pemilihan tipe pelat diperoleh dari perbandingan bentang panjang (l_y) dengan bentang pendek (l_x) dengan syarat persamaan 3-18 dan persamaan 3-19.

$$\frac{l_y}{l_x} \leq 2, \text{ berarti tipe pelat dua arah} \quad (3-18)$$

$$\frac{l_y}{l_x} > 2, \text{ berarti tipe pelat satu arah} \quad (3-19)$$

3.3. Komponen struktur lentur rangka momen khusus

Komponen struktur rangka momen khusus yang membentuk bagian sistem penahan gaya gempa dan diproporsikan terutama untuk menahan lentur harus dapat memenuhi kondisi-kondisi sebagai berikut:

1. Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur (P_u), tidak boleh lebih dari $Ag f'_c / 10$
2. Bentang bersih untuk komponen struktur (l_n), tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya
3. Lebar komponen (b_w), tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari $0,3h$ dan 250 mm
4. Lebar komponen struktur (b_w), tidak boleh melebihi lebar komponen struktur penumpu (c_2), ditambah suatu jarak pada masing-masing sisi komponen struktur penumpu yang sama dengan yang lebih kecil dari :
 - a. Lebar komponen struktur penumpu (c_2)
 - b. 0,75 kali dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu (c_1)

3.4. Tulangan longitudinal

Pada komponen struktur lentur, untuk tulangan atas maupun bawah, jumlah tulangan tidak boleh kurang dari hasil persamaan 3-20.

$$A_{s \min} = \frac{0,25 \sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \quad (3-20)$$

Dan tidak boleh lebih kecil dari $1,4 b_w d / f_y$, dan rasio tulangan ρ , tidak boleh lebih dari 0,025. Paling sedikit dua batang tulangan harus disediakan menerus pada kedua sisi atas dan bawah.

3.5. Tulangan transversal

Sengkang harus dipasang pada daerah komponen struktur rangka berikut:

- a. Sepanjang suatu panjang yang sama dengan dua kali tinggi komponen struktur yang diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang, dikedua ujung komponen struktur lentur
- b. Sepanjang panjang-panjang yang sama dengan dua kali tinggi komponen struktur pada kedua sisi suatu penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi dalam hubungan dengan perpindahan lateral inelastis rangka

Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Spasi sengkang tertutup tidak boleh melebihi yang terkecil dari sebagai berikut:

- a. $d/4$
- b. Enam kali diameter terkecil batang tulangan lentur utama
- c. 150 mm

3.6. Persyaratan kekuatan geser

3.6.1. Tulangan transversal

Tulangan transversal harus diproporsikan untuk menahan geser dengan mengasumsikan $V_c = 0$ bilamana keduanya sebagai berikut terjadi :

- a. Gaya geser yang ditimbulkan gempa yang dihitung mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam pajang tersebut

- b. Gaya tekan aksial terfaktor (P_u), termasuk pengaruh gempa kurang dari

$$A_g f'_c / 20$$

3.7. Komponen struktur rangka momen khusus yang dikenai beban lentur dan aksial

Persyaratan untuk komponen struktur rangka momen khusus yang membentuk bagian sistem penahan gaya gempa dan yang menahan gaya tekan aksial terfaktor P_u akibat sebarang kombinasi beban yang melebihi $A_g f'_c / 10$ harus memenuhi kondisi sebagai berikut :

- Dimensi penampang terpendek, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak boleh kurang dari 300 mm
- Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus tidak boleh kurang dari 0,4

3.7.1. Tulangan memanjang

Luas tulangan memanjang (A_{st}), tidak boleh kurang $0,01A_g$ atau lebih dari $0,06A_g$.

3.7.2. Tulangan transversal

Tulangan transversal harus dipasang sepanjang l_o dari setiap muka joint dan pada kedua sisi sebarang penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi sebagai akibat dari perpindahan lateral inelastis rangka. Panjang l_o tidak boleh kurang dari yang terbesar diantara (a), (b), dan (c):

- a. Tinggi komponen struktur pada muka joint atau pada penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi
- b. Seperenam bentang bersih komponen struktur
- c. 450 mm

Jarak antar tulangan transversal sepanjang panjang l_o komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari (a,) (b), dan (c):

- a. Sperempat dimensi komponen struktur minimum
- b. Enam kali diameter batang tulangan longitudinal yang terkecil
- c. $S_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right)$

Nilai S_o tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm.

3.8. Persyaratan kekuatan geser

Gaya geser desain (V_e), harus ditentukan terhadap gaya-gaya maksimum yang dihasilkan dimuka-muka pertemuan-pertemuan disetiap ujung komponen struktur. Dalam semua kasus, V_e tidak boleh kurang dari geser terfaktor yang ditentukan oleh analisi struktur.

3.8.1. Tulangan transversal

Tulangan transversal sepanjang l_o harus diproporsikan untuk menahan geser dengan mengasumsikan $V_c =$ bilamana keduanya (a), (b) terjadi:

- a. Gaya geser yang ditimbulkan gempa, dihitung mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam l_o
- b. Gaya tekan aksial terfaktor (P_u), termasuk pengaruh gempa kurang dari $A_g f'_c / 10$.